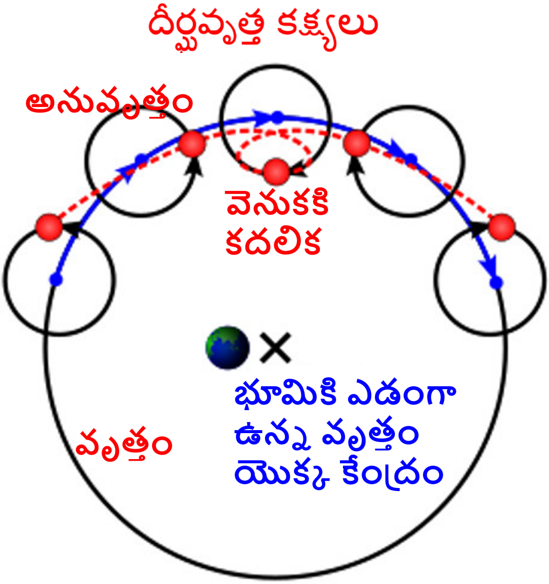
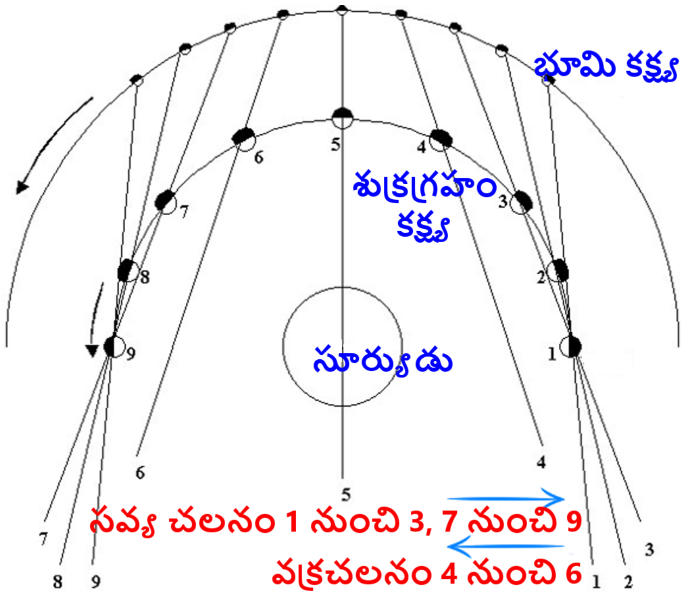
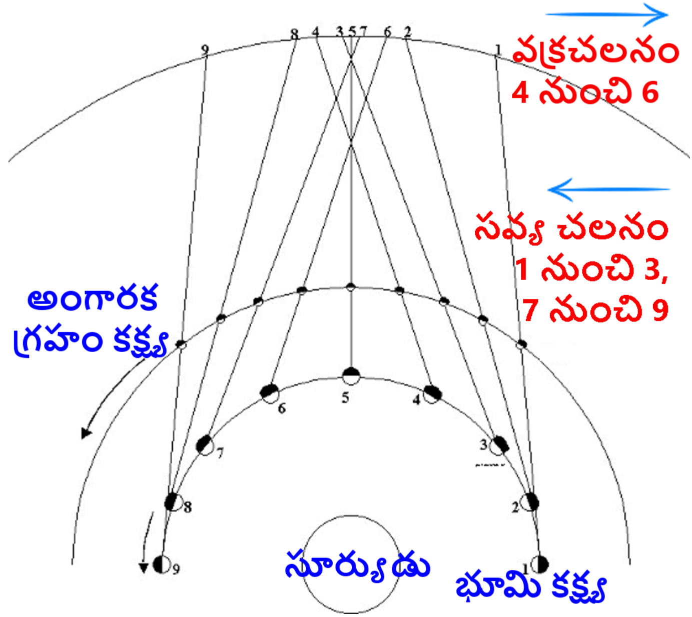


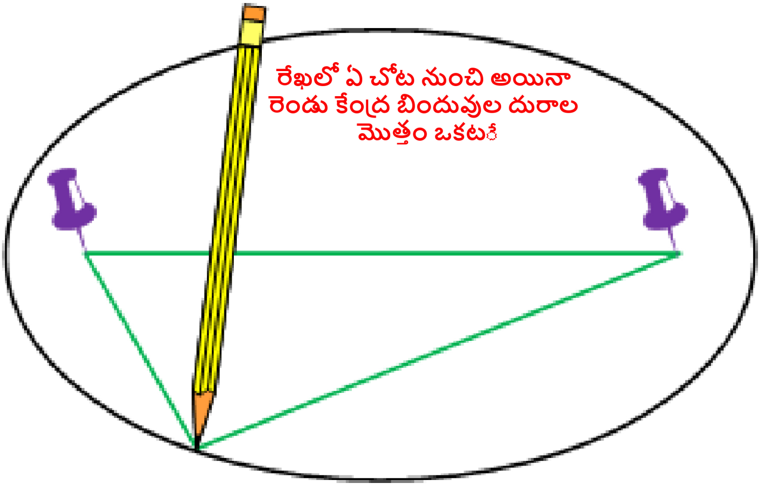
ధృవనక్షత్రం దగ్గరగా ఉన్న నక్షత్రాలు వృత్తంలో తిరుగుతూ ప్రతి రాత్రీ కనపడుతూ ఉంటాయి. సహజంగానే సూర్యుడూ చంద్రుడూ, ఇతర గ్రహాలూ, వృత్త కక్ష్యలలో తిరుగుతాయనీ, వాటి వేగం స్థిరంగా ఉంటుందనీ ప్రాచీనులు ఊహించారు. కానీ గ్రహాల వక్రచలనం పెద్ద ప్రశ్న అయ్యింది. సూర్యచంద్రుల వేగం కూడా స్థిరంగా ఉండదని జాగ్రత్తగా పరిశీలిస్తే తెలిసింది. ఈ పరిశీలనా ఫలితాలని చూసి యవన వైజ్ఞానికుడు టోలెమీ వృత్తాలలో అనువృత్తాలు ఇంగ్లీష్ లో ఎపిసైకిల్స్ ఉంటాయని ప్రతిపాదించాడు. వృత్తంలో ముందుకు కదులుతున్న గ్రహం పైన చిత్రంలో చూపినట్టు అనువృత్తంలో వెనకకి కదులుతూ కనపడవచ్చు. ఇందుమూలంగా వేగం మారటానికీ అవకాశం ఉంటుంది. కానీ వృత్తం యొక్క కేంద్రబిందువు భూమికి కొంచెం దూరంగా ఉంచినప్పుడే గణించిన గ్రహ స్థానాలు పరిశీలనా ఫలితాలతో సరిపోతాయి. ఒకటికి రెండు అనువృత్తాలు వాడి గణించిన అంకెలని పరిశీలనా ఫలితాలకి మరింత దగ్గరగా తీసుకురావచ్చు. ఎటొచ్చీ ప్రకృతిలో అనువృత్తాలు ఎందుకు ఉంటాయి అనే ప్రశ్నకి జవాబు లేదు. పదహారో శతాబ్దంవరకూ టోలెమీ పద్ధతే వాడుకలో ఉండేది.



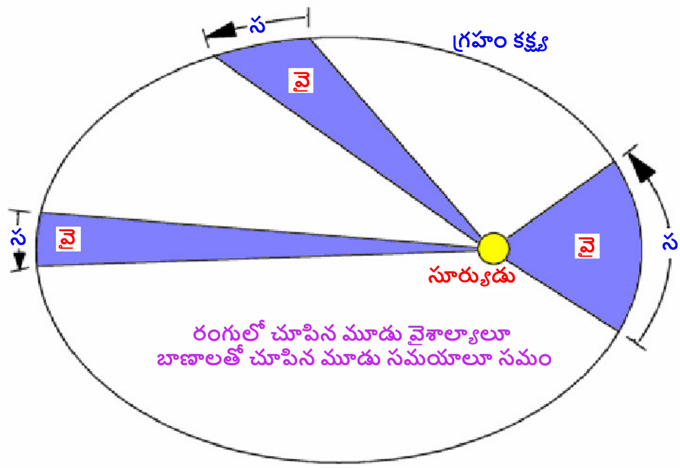
గ్రహాలు భూమి చుట్టూ కాక సూర్యుని చుట్టూ తిరుగుతాయని చాలామంది ప్రతిపాదించారు. కానీ అలా చేయడం వల్ల వచ్చే లాభం ఏమిటో నిర్ధారించలేక పోయారు. పదహారో శతాబ్దంలో కోపర్నికస్ ఒక అడుగు ముందుకు వేశాడు. సూర్యుడు కేంద్ర బిందువు అయితే వక్రచలనం తేలికగా అర్థమవుతుందని చూపటమే కాక శుక్ర కుజ గ్రహాలు సూర్యుడికి భూమి కంటే దగ్గరగా ఉంటాయనీ, అంగారక, గురు, శని గ్రహాలు సూర్యుడికి భూమి కంటే దూరంగా ఉంటాయనీ, గ్రహాలు ఒకటిని నొకటి దాటుతున్నప్పుడు వక్ర చలనం కనపడుతుందనీ చూపాడు. పైన ఉన్న చిత్రంలో శుక్రుడు భూమిని దాటి వెళ్ళటం వల్ల మనకి గ్రహం యొక్క దిశ మారినట్టు కనపడుతుంది. పక్క పేజీ లోని చిత్రంలో భూమి అంగారకుడిని దాటినప్పుడు దాని దిశ మారినట్టు కనపడుతుంది. కానీ కోపర్నికస్ కూడా శుద్ధ వృత్త కక్ష్యలు ఉపయోగించడం వల్ల మళ్ళీ అనువృత్తాలు అవసరం అయ్యాయి. గ్రహ స్థానాలు గణించటంలో పెద్ద సులువేమీ లేక కోపర్నికస్ అనంతరం కూడా చాలామంది టోలెమీ లెక్కలే వాడుతూ వచ్చారు.

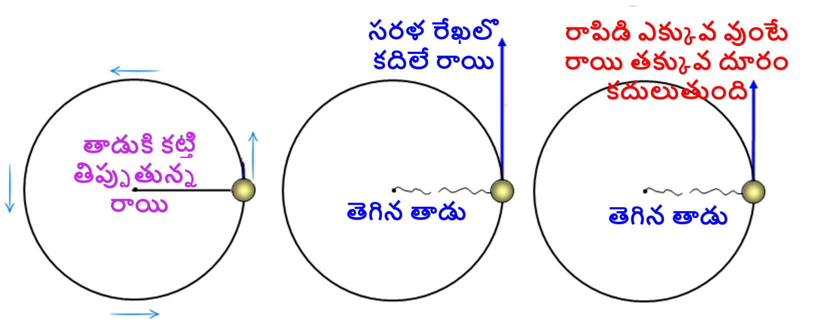


గ్రహాల కక్ష్యలు శుద్ధ వృత్తాలు కావు, దీర్ఘ వృత్తాలని చెప్పిన మొదటి వ్యక్తి కెప్లర్. రేఖాగణితంలో వృత్తం ఒక కేంద్ర బిందువు నించి ఎప్పుడూ సమమైన దూరంలో ఉండే రేఖాచిత్రం. ఏ దిశలో కొలిచినా వ్యాసార్ధం ఒకటే. ఒకవైపు వ్యాసార్ధం ఎక్కువో తక్కువో చేసినంతమాత్రాన అది దీర్ఘ వృత్తం అనబడదు. దీర్ఘ వృత్తానికి రెండు కేంద్ర బిందువులు, ఇంగ్లీష్ లో ఫోకై ఉండాలి. దీర్ఘవృత్తంలో ఎక్కడినుంచైనా ఈ రెండు కేంద్ర బిందువులకీ ఉన్న దూరాల మొత్తం సమంగా ఉంటుంది. దీర్ఘ వృత్తం గీయటానికి పక్క పేజీలోని పైన ఉన్న చిత్రంలో చూపినట్టు ఒక దారపు ముక్క రెండు చివరలూ కాగితానికి వదులుగా అతికించి కలంతో దారాన్ని బయటకు లాగుతూ వృత్తం లాగా తిప్పాలి. గీసిన చిత్రంలో ఏ బిందవు దగ్గర నించయినా రెండు కేంద్ర బిందువుల నుంచీ మొత్తం దూరం వాడిన దారపుముక్క నిడివి. గ్రహాల కక్ష్యలు దీర్ఘ వృత్తాలనీ, సూర్యుడు ఒక కేంద్ర బిందువు స్థానంలో ఉంటాడనీ చెప్పడమే కాక కెప్లర్ ఒక విప్లవాత్మకమైన సూత్రం ప్రతిపాదించాడు. గ్రహానికీ సూర్యుడినీ కలుపుతూ ఒక



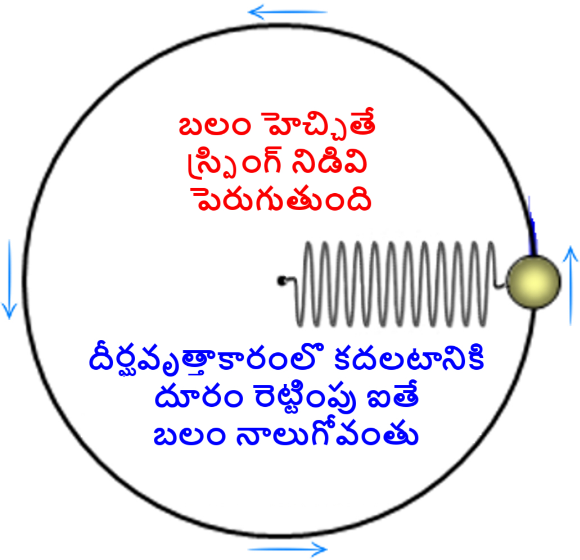
సరళరేఖ గీస్తే కింది చిత్రంలో చూపించినట్లు అది సమమైన సమయ విభాగాలలో సమమైన వైశాల్యం దాటుతుంది అని చెప్పాడు. ఇది భౌతిక విజ్ఞాన శాస్త్రంలో మౌళికమైన మలుపు. అంతకు ముందు వరకు గ్రహ స్థానాలని కేవలం అంకెలతో లెక్కించేవాళ్ళు. కొలవబడే అంకెల మధ్య, సమయమానానికీ, దీర్ఘ వృత్తంలో వైశాల్యానికీ మధ్య గణిత సంబంధం గుర్తించటం ఆధునిక వైజ్ఞాన ప్రగతికే పునాది.



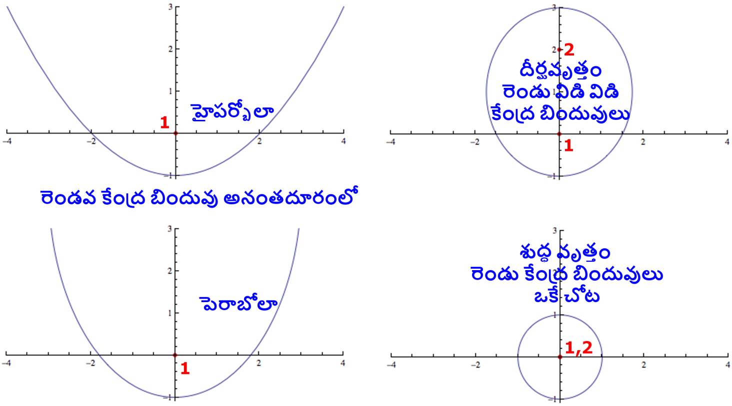


అన్ని గ్రహాలూ సూర్యుడి చుట్టూ దీర్ఘవృత్త కక్ష్యలలో మాత్రమే తిరుగుతాయి అనగానే ఎందుకు అన్న ప్రశ్న తలెత్తుతుంది. దీనికి సమాధానం న్యూటన్ సూత్రాల ఆధారంగా ఇవ్వవచ్చు. ఏ వస్తువైనా కదపటానికి బలం ఇంగ్లీష్ లో ఫోర్స్ అవసరం అని అందరికీ అనుభవమే. కానీ న్యూటన్ సూత్రం ప్రకారం వస్తువు యొక్క వేగం గానీ దిశ గానీ మార్చటానికి మాత్రమే బలం అవసరమౌతుంది. ఈ భౌతిక శాస్త్ర ప్రథమ సూత్రం వేగంలో మార్పు లేకుండా సరళరేఖమ్మటా కదలికా ఒకేచోట స్థిరంగా ఉండటమూ సమానంమంటుంది. కెప్లర్ సూత్రం అన్ని గ్రహాలకీ వర్తిస్తే న్యూటన్ సూత్రం విశ్వవ్యాప్తంగా అన్ని కదులుతున్న వస్తువులకూ వర్తిస్తుంది. పై చిత్రంలో లాగా రాయికి తాడుకట్టి బల్లపరుపుగా తిప్పాలంటే ఒక కనీస వేగం కావాలి. లేకపోతే రాయి భూమి మీదికి పడిపోతుంది. అలా తిరుగుతున్నప్పుడు తాడుతెగితే సరళరేఖమ్మటా విసిరివేయబడుతుంది. గాలితో రాపిడి, భూమి వైపు ఆకర్షణ లేకపోతే న్యూటన్ సూత్రం ప్రకారం రాయి ఆగదు. సరళరేఖమ్మటా కదులుతూనే ఉంటుంది. రాయి తిరుగుతున్నప్పుడు తాడులో బలం ఉండాలి తాడు తెగిన తరువాత బలం అవసరం లేదు.

రాయికి కట్టినది తాడు కాక ఒక స్ప్రింగ్ అయితే? రాయివేగం పెరిగిన కొద్దీ స్ప్రింగ్ నిడివి పెరుగుతుంది. దీనిని పక్క పేజీలోని చిత్రంలో చూడండి. స్ప్రింగ్ నిడివి పెంచటానికి బలం కావాలి. అంటే వేగం పెరగటం బలం ఎక్కువ అయింది అని అనటానికి



సూచన. ఇదే విధంగా గ్రహాలు దీర్ఘ వృత్త కక్ష్యలలో తిరగటానికి గ్రహానికీ కక్ష్య కేంద్ర బిందువుకీ మధ్య బలం అంటే ఫోర్స్ ఉండాలని ఊహించగలం. గ్రహానికీ కేంద్ర బిందువు కీ మధ్య దూరం రెట్టింపు అయినప్పుడు బలం రెట్టికి రెట్టింపు నాలుగో వంతు అయినప్పుడు మాత్రమే గ్రహాలు దీర్ఘ వృత్త కక్ష్యలలో తిరుగుతాయని న్యూటన్ గణిత శాస్త్రంతో నిరూపించాడు. ఇదే న్యూటన్ సార్వత్రిక గురుత్వాకర్షణ చట్టం. ఈ సూత్రం కేవలం సూర్యుడి బలం కారణంగా గ్రహాలు కదులుతాయని మాటలలో చెప్పటం కాదు. ఇలాంటి తర్కాలు, ఊహలూ చాలా ప్రాచీన రచనలలో కనపడతాయి అంటారు. న్యూటన్ ఆవిష్కరించిన భౌతిక శాస్త్ర ప్రథమ సూత్రాల ఆధారం లేకుండా గ్రహాల కదలిక బలం వల్ల జరుగుతుంది అనటం అసంగతం. బహుశా ఇవి తమ పూర్వీకులని పొగుడు కోవడానికి పాత మాటలకి కొత్త అర్థాలు వెతకటమే కావచ్చు. న్యూటన్ సూత్రాల వల్ల కెప్లర్ సూత్రం కేవలం పరిశీలనా ఫలితమే కాక ఒక మౌళిక భౌతిక శాస్త్ర సిద్ధాంత మయింది. దూరంతో మారే గురుత్వాకర్షణ బలం యొక్క గణితరూపం ఆవిష్కరించి దానిని ఒకవైపు కెప్లర్ చెప్పిన



సూత్రానికీ రెండవ వైపు భౌతిక శాస్త్ర ప్రథమ సూత్రానికీ గణిత సంబంధాలు ఉన్నాయి అని నిరూపించటం వల్లేనే న్యూటన్ ప్రపంచంలో అతి గొప్ప వైజ్ఞానికుడని అందరు వైజ్ఞానికులూ అంగీకరిస్తారు..

ఈ గణిత సంబంధాలలో అనూహ్యమైన విచిత్రాలు వెలుగులోకి వస్తాయి. ఉదాహరణకు, దీర్ఘ వృత్తానికి ఉన్న రెండు కేంద్ర బిందువులూ ఒక చోటే ఉంటే శుద్ధ వృత్తం అవుతుంది. అదే వాటిలో ఒకటి అనంతదూరానికి వెళితే దీర్ఘ వృత్తం పెరాబొలా లేదా హైపర్బోలాగా మారుతుంది. ఈ తేడాలు పై చిత్రంలో చూపబడ్డాయి. విచిత్రంగా, గురుత్వాకర్షణ బలం మూలంగా ఫిరంగితో విసిరే ప్రక్షేపకం కక్ష్య ఒక పెరాబొలా. కొన్ని గ్రహాంతర యానాల కక్ష్యలు హైపర్బోలాలు. ప్రకృతిలో శుద్ధ వృత్త కక్ష్యలు అరుదే కానీ చాలా గ్రహాల కక్ష్యలు సుమారుగా శుద్ధ వృత్తాలే. గణిత సంబంధాలకి ప్రకృతిలో భౌతిక ప్రయోగ ఫలితాలకీ ఉన్న ఇటువంటి మౌళిక సన్నిహిత సాంగత్యాల ఆవిష్కరణ న్యూటన్ పరిశోధనలతో మొదలైయింది. అసలు న్యూటన్ భౌతిక శాస్త్ర సూత్రాల ఆవిష్కరణ అతనే కనుగొన్న కాలిక్యులస్ అనబడే ఒక నవీన గణితం లేకుండా సాధ్యం అయ్యేది కాదు. గణిత శాస్త్రం ప్రగతికి న్యూటన్, అనేక ఇతర భౌతిక శాస్త్ర ప్రముఖులూ చాలా కృషిచేశారు.

న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ చట్టం సార్వత్రికం. అంటే, ప్రకృతిలో అన్ని వస్తువుల మధ్యా ఈ బలం ఉంటుంది. కేవలం సూర్యుడికీ ఒక్కొక్క గ్రహం మధ్యా మాత్రమే కాదు. భూమి మీద సూర్యుడి గురుత్వాకర్షణ బలం కాక, ఇతర గ్రహాల గురుత్వాకర్షణ బలం, చంద్రుడి ప్రభావం కూడా ఉంది. ఇందువల్ల సూర్యుడి చుట్టూ భూమి యొక్క దీర్ఘవృత్తాకార కక్ష్య మొత్తం సూర్యుడి చుట్టూ కింది చిత్రంలో చూపినట్టు తిరుగుతూ ఉంటుంది. కొన్ని లక్షల సంవత్సరాలకి ఒకసారి పూర్తయ్యే ఈ చలనం కూడా సూక్ష్మ పరిశీలనలో కనపడుతుంది. న్యూటన్ చూపిన మార్గంలో దానిని గణించి పరిశోధనా ఫలితాలతో సరిచూడవచ్చు.

